

УДК 519.21: 612.172.1

**Ярослав Драган, д.ф.-м.н., професор, Василь Дозорський, к.т.н., доцент,
Леонід Дедів, к.т.н., доцент, Ірина Дедів, к.т.н.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ РЕАЛІЗАЦІЙ ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ

Розглянуто питання обґрунтування методів статистичного опрацювання реалізацій сигналів у разі подання їх як періодично корельованого випадкового процесу.

Ключові слова: періодично корельований випадковий процес, метод статистичного опрацювання.

Yaroslav Dragan, Vasil Dozorsky, Leonid Dediv, Iryna Dediv

THE METHODS OF STATISTICAL PROCESSING OF PERIODICALLY CORRELATED RANDOM PROCESSES IMPLEMENTATIONS

The work is devoted to the grounding of methods of statistical processing of signal implementations in presenting them as periodically correlated random process.

Keywords: periodically correlated random process, a method of statistical processing.

Коректні засоби статистичного опрацювання реалізацій ПКВП як математичних моделей ритмічних процесів базуються на використанні статистики стаціонарних випадкових процесів, які за умови справдження критерію Слуцького (містять швидкого спадання коваріації) трактують як ергодичні й на підставі цього обґрунтовують законність обчислення оцінок їхніх імовірнісних характеристик, замінюючи усереднення за розподілом (чи, інакше за ансамблем) на усереднення в часі. Для обґрунтування такої процедури, у свою чергу, опираються як на поняття кондиційності статистичного матеріалу [1], тобто даних, що є результатами мірювання значень ознак періодично корельованих випадкових процесів (ПКВП), та на ідеологію МАПР-тріади (модель-алгоритм-програмна реалізація) [2]. Важливим при цьому є питання концепції зведення до стаціонарності, оскільки ПКВП за означенням є нестаціонарними, а теорія її показує, що пов'язані та ще й у кількох відношеннях (аспектах) зі стаціонарними процесами.

Зокрема у праці [3] було аргументовано, виходячи з розкладу пов'язання сигналів та лінійних перетворювачів з однаковим типом зміни у часі їхніх характеристик подання ПКВП як суми добутків періодичної функції на стаціонарний процес. З погляду теорії радіокомунікації, тобто передавання відомостей за допомогою гармонічних коливань такий добуток трактують як модуляцію цих гармонік згаданими стаціонарними інформаційними випадковими процесами, які природно назвати згідно зі сказаним стаціонарними компонентами ПКВП (згідно традиції, що кожна компонента породжує стаціонарний процес, а всі такі компоненти творять векторний стаціонарний процес, а засновниками – складова вектора, що є проекцією його на координатну вісь у просторі – в даному разі періодичних функцій. А тому, що у просторі періодичних функцій базис творять гармоніки кратних до $\frac{2\pi}{T}$ частот, то в разі

максимального рангу періоду T векторного процесу стаціонарних компонент

отримаємо подання ПКВП через модуляційні компоненти у вигляді $\xi(t) = \sum_{k \in Z} e^{ik\frac{2\pi}{T}t}$, $t \in R$,

де Z – множина цілих чисел, а R – дійсна числова вісь [4].

Специфічне подання ПКВП, що бере початок з імпульсної техніки комутації, обґрунтував К. Джордан, спираючись на теорему Мерсера з матфізики, через так званий трансляційний базис функцій із $L^2(0,T)$ помножені в сенсі Адамара на n -вимірну стаціонарну послідовність зі своїми для кожного часового інтервалу $D_k=[kT, (k+1)T]$ компонентами. Цим розкрито ще один аспект структури ПКВП, але статистичні методи дослідження ритмічних процесів, базуючись на такому трансляційному поданні ПКВП, практично не розроблені. А такі подання служать засобом оправдання використання і в цьому разі традиційного аналізу, добре розвинутого на підставі подання через модуляційні стаціонарні компоненти у вигляді нескінченно вимірного векторного стаціонарного процесу.

Практично використовують ще методику, базовану на розкладі у ряд Фур'є параметричної коваріації $b(t,u)=r(t+u,t)$, як періодичної щодо параметра t , тобто $b(t,u) = \sum B_k(u) e^{i k \frac{2\pi}{T} t}$, де $B_k(u)$ – k -тий кореляційний компонент. Таке подання ПКВП – підстава компонентного та фільтрового аналізу.

А найприроднішим (тому й не до кінця усвідомленим) є так званий синфазний метод (грец. сов разом, фазіс поява), який опирається на заявлений ще 1977 р. (див. [6]) факт: співфазні значення ПКВП на ґратках $\{t_0+kT, k \in Z\}$ для всіх $t_0 \in [0,T]$ творять стаціонарні і стаціонарно пов'язані випадкові послідовності, які в разі \hbar^T -ергодичності ПКВП є ергодичні й ергодично пов'язані, а усереднення по кожній із таких ґраток виявляє фазову структуру корельованості.

Але слід вказати на зауваження: послідовності $\xi(t_0)=\xi(t_0+kT), k \in Z$ ніяк не можна просто трактувати як стаціонарні компоненти ПКВП в означеному вище сенсі. Їх називають ще як укладені у ПКВП стаціонарні послідовності, не доводячи строгого означення терміну.

Отже, ситуація загалом така, що всякий раз доконче слід докладно до подробиць аргументувати кожен крок статистичного аналізу реєстрограм ритмічних процесів. Засоби понятійного й формального апарату ЕТСС (енергетичної теорії стохастичних сигналів), яка є логічним завершенням кореляційної і природним чином охоплює як теорію ПКВП, так і теорію стаціонарних випадкових процесів як вироджений випадок її, як це засвідчують здобутки її та системний аналіз їх, надає достатню підставу цього.

Література

1. Войчишин К.С. О простой стохастической модели естественных ритмических процессов / К.С.Войчишин, Я.П. Драган // Отбор и передача информации – 1971. – Р. 7-15.
2. Драган Я.П. Гармонізованість і спектральний розклад випадкових процесів зі скінченною середньою потужністю :Доповіді Академії наук Української РСР, №88, 1978. – с. 679-684.
3. Драган Я.П. Случайные процессы с конечной средней мощностью их спектры и гармонизируемость // Тез. докл. 2-ой Вильнюсс. конф. по теории вероятностей и вероятн. и мат. статистики. – Вильнюс: изд. ин-та матем. и киберн. АН Лит. ССР, 1977. – Т1. – С. 133-134.
4. Драган Я. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів. – Львів: центр стратегічних еко-біо-технічних систем, 1997. – XVI+333 с.